



# BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

## COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-dessus est une copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 27 MARS 2003

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

DOCUMENT DE PRIORITÉ

PRÉSENTÉ OU TRANSMIS  
CONFORMÉMENT À LA  
RÈGLE 17.1.a) OU b)

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

SIEGE  
26 bis, rue de Saint Petersburg  
75800 PARIS cedex 08  
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04  
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23  
www.inpi.fr

BEST AVAILABLE COPY



26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08  
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 94 86 54

# BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 1/2



Remplir impérativement la 2ème page.

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

08 540 W / 193600

<b>REMANDE D'APRÈS</b> <b>DATE</b> 3 AVRIL 2002 <b>LIEU</b> 75 INPI PARIS <b>N° D'ENREGISTREMENT</b> 0204115 <b>NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI</b> <b>DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE PAR L'INPI</b> 03 AVR. 2002 <b>Vos références pour ce dossier (facultatif)</b> CLI 2001/004bis		<b>1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE</b> Monsieur Jacques LAGRANGE DIRECTION PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE USINOR Immeuble "La Pacific" TSA 10001 92070 LA DEFENSE CEDEX	
<b>Confirmation d'un dépôt par télécopie</b> <input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie			
<b>2 NATURE DE LA DEMANDE</b>		<b>Cochez l'une des 4 cases suivantes</b>	
Demande de brevet		<input checked="" type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité		<input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire		<input type="checkbox"/>	
Demande de brevet initiale		N° _____ Date ____/____/____	
ou demande de certificat d'utilité initiale		N° _____ Date ____/____/____	
Transformation d'une demande de brevet européen		<input type="checkbox"/> N° _____ Date ____/____/____	
<b>3 TITRE DE LA DEMANDE</b> (2 caractères ou espaces maximum) ACIÉ POUR LA FABRICATION DE MOULES D'INJECTION DE MATIÈRE PLASTIQUE OU POUR LA FABRICATION DE MOULES POUR LE TRAVAIL DES MÉTAUX			
<b>4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE</b>		Pays ou organisation _____ N° _____ Date ____/____/____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date ____/____/____ Pays ou organisation _____ N° _____ <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
<b>5 DEMANDEUR</b>		<input type="checkbox"/> S'il y a d'autres demandeurs, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
Nom ou dénomination sociale		USINOR	
Prénoms			
Forme juridique		Société Anonyme	
N° SIREN		. . . . .	
Code APE-NAF		. . . . .	
Adresse	Rue	Immeuble "La Pacific" - La Défense 7 11/13 Cours Valmy	
	Code postal et ville	92800	PUTEAUX
Pays		FRANCE	
Nationalité		Française	
N° de téléphone (facultatif)		01 41 25 59 54	
N° de télécopie (facultatif)		01 41 25 87 54	
Adresse électronique (facultatif)			



# BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 2/2

REMISE DES PAGES DATE <b>3 AVRIL 2002</b> LIEU <b>75 INPI PARIS</b> N° D'ENREGISTREMENT <b>0204115</b> NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI		Réservé à l'INPI		08 540 W / 190600	
Vos références pour ce dossier : <i>(facultatif)</i>			CLI 2001/004 bis		
<b>6 MANDATAIRE</b>					
Nom			LAGRANGE		
Prénom			Jacques		
Cabinet ou Société			DIR PI - USINOR		
N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel			25/01/2001		
Adresse	Rue	Immeuble "La Pacific" - La Défense 7 - TSA 10001			
	Code postal et ville	92070	LA DEFENSE CEDEX		
N° de téléphone <i>(facultatif)</i>			01 41 25 59 54		
N° de télécopie <i>(facultatif)</i>			01 41 25 87 54		
Adresse électronique <i>(facultatif)</i>					
<b>7 INVENTEUR (S)</b>					
Les inventeurs sont les demandeurs			<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non Dans ce cas fournir une désignation d'inventeur(s) séparée		
<b>8 RAPPORT DE RECHERCHE</b>			Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)		
Établissement immédiat ou établissement différé			<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		
Paiement échelonné de la redevance			Paiement en deux versements, uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non		
<b>9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES</b>			Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention <i>(joindre un avis de non-imposition)</i> <input type="checkbox"/> Requête antérieurement à ce dépôt <i>(joindre une copie de la décision d'admission pour cette invention ou indiquer sa référence):</i>		
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes					
<b>10 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE</b> (Nom et qualité du signataire) Jacques LAGRANGE			VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI 		

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire. Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.

La présente invention est relative à un acier utilisable, notamment, pour la fabrication de moules pour le moulage par injection de matières plastiques ou pour le moulage des métaux tels que les alliages légers ou pour la fabrication de pièces pour le travail des métaux.

5 Les moules pour le moulage par injection de matières plastiques sont, en général, réalisés en aciers dont la dureté est voisine de 300HB. Cependant, lorsque ces moules sont utilisés pour le moulage de plastiques tels que les plastiques techniques ou les plastiques thermodurcissables, il est préférable d'utiliser des aciers plus durs résistant mieux à l'usure. On peut alors utiliser un acier tel que le 55 NCDV  
10 7 contenant environ 0,55% de carbone, 1,75% de nickel, du chrome, du molybdène et du vanadium qui permet de fabriquer des moules dont la dureté est voisine de 400 HB. Cet acier présente cependant plusieurs inconvénients : il est difficile à usiner et difficile à souder. En outre, cet acier comporte souvent des ségrégations localisées qui constituent des points durs préjudiciables à l'aptitude au polissage ou au  
15 grainage chimique. Ces deux inconvénients sont particulièrement gênants car la fabrication des moules nécessite des usinages importants et les moules sont généralement réparés par rechargement par soudure et sont donc altérés. En outre, ces moules doivent pouvoir être durcis en surface, par traitement par induction, sans perdre leur dureté.

20 Pour des applications encore plus exigeantes et particulièrement quand les plastiques injectés sont chargés de fibres très dures, il est préférable d'utiliser des aciers encore plus durs, résistant mieux à l'usure. De même l'accroissement des pressions d'injection conduit également à rechercher des aciers plus résistants et donc plus durs. Enfin, pour certaines applications d'injection d'alliages légers ou de  
25 travail à froid ou à tiède des métaux, les contraintes mécaniques imposées à l'outillage et les exigences de tenue à l'usure conduisent à adopter des niveaux de dureté de l'acier supérieurs à 450HB. On peut alors chercher à utiliser un acier de résistance voisine de 450 voire 500 HB tel que par exemple les nuances AISI H11 ou H13 qui sont également couramment utilisées pour l'injection d'alliages légers. Ces  
30 aciers contiennent environ : 0,4% de carbone, 5% de chrome, 1,25% de molybdène, 0,3 à 1% de vanadium. Mais de tels aciers présentent, à un degré encore plus élevé, les mêmes d'inconvénients que le 55NCDV 7, évoqués plus haut.

En outre, un autre problème se pose de manière particulièrement cruciale avec l'accroissement de la dureté, laquelle s'accompagne presque inévitablement

d'une réduction de ténacité : le risque de fissuration entre les canaux de refroidissement et la surface d'empreinte du moule, que ces canaux ont pour fonction de refroidir efficacement, en passant relativement près de cette surface.

Le but de la présente invention est de remédier à ces inconvénients en proposant un acier pour moules ou pour la fabrication de pièces pour le travail des métaux plus facilement soudable, plus facile à usiner, à polir et à grainer et plus conducteur de la chaleur que les aciers selon l'art antérieur, et permettant de fabriquer des moules ou des outils ayant une dureté de l'ordre de 450 à plus de 500 HB, y compris après une opération de durcissement en surface par nitruration, ce qui impose que les caractéristiques requises, notamment en dureté, soient compatibles avec un revenu à une température supérieure à 530°C.

A cet effet, l'invention a pour objet un acier permettant de fabriquer un bloc d'épaisseur supérieure à 20 mm et pouvant aller jusqu'à 1500mm, dont la structure est martensitique ou martensito-bainitique, dont la dureté est comprise entre 430 HB et 520 HB environ en tout point, destiné à la fabrication de pièces pour moules ou pour outillage, dont la composition chimique comprend, en % en poids :

$$C \leq 0,400\%$$

$$Mn \leq 1,5\%$$

$$Ni \leq 3\%$$

$$Cr \leq 3,5\%$$

$$Mo+W/2 \leq 2,8\%$$

$$V + Nb/2 + Ta/4 \leq 0,5\%$$

$$Al \leq 0,4\%$$

$$Ti + Zr/2 \leq 0,1\%$$

$$Cu \leq 1,5\%$$

- éventuellement du bore en une teneur comprise entre 0,0005% et 0,015%,
  - éventuellement un ou plusieurs éléments pris parmi le soufre, le sélénium et le tellure, la somme des teneurs en ces éléments étant inférieure ou égale à 0,2%,
  - éventuellement un ou plusieurs éléments pris parmi le plomb et le bismuth, la somme des teneurs en ces éléments étant inférieure ou égale à 0,2%,
  - éventuellement du calcium en une teneur inférieure ou égale à 0,1%,
- le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration, la composition chimique satisfaisant en outre les relations suivantes :

$$3,2 \leq Tr \leq 9$$

$$85 < Dr \leq 95$$

$$U/Dr \leq 10,0$$

$$Mo^* + 3xV^* \geq 0,4\%$$

5 dans lesquelles, pour des teneurs exprimées en % :

$$Tr = 1,8xC + 1,1xMn + 0,7xNi + 0,6xCr + 1,6xMo^* + K$$

avec  $K = 0$  si l'acier ne contient pas de bore et  $K = 0,5$  si l'acier contient du bore

$$Dr = 54xC^{0,25} + 24,5x(Mo^* + 3xV^*)^{0,30} + 1,58xMn + 0,74xNi + 1,8xSi + 12,5x(Cr)^{0,20}$$

$$U = 1600xC + 100x(0,25xCr + Mo^* + 4,5xV^*)$$

$$10 \quad R = 3,8xC + 10xSi + 3,3xMn + 2,4xNi + 1,4x(Cr + Mo^*)$$

$$Mo^* = Mo + W/2$$

$$V^* = V + Nb/2 + Ta/4$$

De préférence, la composition chimique est telle que :

$$R > 11$$

15 De préférence également, la composition chimique est telle que :

$$R \leq 2,7xTr$$

Lorsque l'acier contient du bore, il est préférable que les teneurs en bore, aluminium, niobium et azote, exprimées en millièmes de % en poids, soient telles que :

$$20 \quad B \geq \frac{1}{3} \times K1 + 0,5$$

avec  $K1 = \text{Min}(I^* ; J^*)$

$$I^* = \text{Max}(0 ; I) \quad \text{et} \quad J^* = \text{Max}(0 ; J)$$

$$I = \text{Min}(N ; N - 0,29(Ti + Zr/2 - 5))$$

$$J = \text{Min}\left(N ; 0,5\left(N - 0,52 \text{ Al} + \sqrt{(N - 0,52 \text{ Al})^2 + 283}\right)\right).$$

25 Il est préférable que la teneur en silicium reste strictement inférieure à 0,45% en poids.

De préférence, la composition est telle que :  $R/(2,7xTr) \leq 0,90$ , plus préférentiellement  $R/(2,7xTr) \leq 0,80$ .

De préférence, la composition est telle que  $U/Dr \leq 9,0$ .

30 En outre, il est préférable que la composition chimique de l'acier soit telle que :

$$0,230 \% \leq C \leq 0,350 \%$$

$$Si \leq 0,30 \%$$

$$0,1 \% < \text{Mn} \leq 1,8 \%$$

$$\text{Ni} \leq 2,5 \%$$

$$0,2 \% \leq \text{Cr} \leq 3 \%$$

$$\text{Mo} + \text{W}/2 \leq 2,5 \%$$

$$\text{V} + \text{Nb}/2 + \text{Ta}/4 \leq 0,3 \%$$

$$\text{Mo}^* + 3\text{xV}^* \geq 0,8\%$$

et mieux encore, telle que :

$$0,240 \% \leq \text{C} \leq 0,320 \%$$

$$\text{Si} \leq 0,15 \%$$

$$0,1 \% \leq \text{Mn} \leq 1,6 \%$$

$$\text{Ni} \leq 2 \%$$

$$0,2 \% \leq \text{Cr} \leq 2,5 \%$$

$$0,3 \% \leq \text{Mo} + \text{W}/2 \leq 2,5 \%$$

$$\text{V} + \text{Nb}/2 + \text{Ta}/4 \leq 0,3 \%$$

$$\text{Mo}^* + 3\text{xV}^* \geq 1,2\%$$

Il est alors préférable que la composition soit telle que  $\text{Tr} > 4,5$ .

L'invention concerne également un bloc en acier selon l'invention, destiné à la fabrication de moules pour l'injection de matière plastique ou à la fabrication de pièces pour le travail des métaux, d'épaisseur supérieure à 20 mm, dont la structure est entièrement martensitique ou martensito-bainitique, et dont la dureté en tous points est comprise entre 430 HB et 530 HB.

L'invention concerne enfin une pièce de moule en acier usinée dans un bloc conforme selon l'invention, dont au moins une partie de la surface est durcie par nitruration et dont la dureté en tous points est comprise entre 430 HB et 530 HB.

L'acier selon l'invention a l'avantage d'avoir une meilleure conductibilité thermique que les aciers selon l'art antérieur. Cette meilleure conductibilité thermique permet de prévoir des canaux de refroidissement plus éloignés de la surface des moules que ce qu'exige l'utilisation d'aciers selon l'art antérieur. Ainsi, le risque de fissures entre les canaux et la surface de l'empreinte des moules est sensiblement réduit. De plus, du fait de la meilleure conductibilité thermique, le refroidissement des moules se fait de façon plus homogène, ce qui améliore la qualité du moulage.

L'acier selon l'invention est également destiné à fabriquer des pièces pour le travail des métaux.

L'invention va maintenant être décrite de façon plus précise mais non limitative et illustrée par des exemples.

Les pièces pour moules ou par travail des métaux sont fabriquées par usinage dans des blocs d'acier massifs trempés pour obtenir une structure martensitique ou martensito-bainitique et revenus pour obtenir les propriétés souhaitées de dureté et ductilité. Il est alors nécessaire d'utiliser un acier ayant une trempabilité élevée et une aptitude au durcissement importante. Mais ces aciers durcis doivent avoir une usinabilité la meilleure possible et une conductivité thermique la plus élevée possible. Cette dernière propriété est utile pour améliorer la productivité des opérations de moulage. A priori, la combinaison de ces différentes propriétés est contradictoire. En effet, il est connu que l'acier est d'autant moins facile à usiner qu'il est dur et il est connu d'améliorer l'usinabilité en ajoutant des éléments d'addition tels que le soufre, le calcium, le sélénium, le tellure ou le plomb. Mais, dans les aciers à moules ces additions doivent être limitées car, bien qu'elles soient acceptables lorsque la surface des empreintes des moules est grainée, elles sont néfastes quand les surfaces sont polies. En tout état de cause de telles additions sont insuffisantes. On sait également que la conductivité thermique de l'acier et sa trempabilité varient de façon inverse en fonction de sa composition. Ces exigences sont donc contradictoires. Cependant, les inventeurs ont constaté de façon nouvelle qu'il est possible de trouver des domaines de composition permettant d'obtenir des combinaisons de propriétés sensiblement meilleures que celles des aciers connus. Ces domaines de composition sont définis d'une part par des fourchettes de teneurs en chacun des éléments de la composition, et d'autre part, par des formules à respecter.

Pour obtenir de telles combinaisons de propriétés, l'acier doit contenir :

- de 0,18% à 0,4% de carbone pour former des carbures durcissant sans toutefois trop détériorer la soudabilité, la ténacité et l'usinabilité, de préférence, cette teneur doit être comprise entre 0,230% et 0,350%, et mieux encore, comprise entre 0,240% et 0,320% .
- moins de 0,8%, de préférence moins de 0,30% et mieux, moins de 0,15% de silicium. Cet élément utilisé généralement pour désoxyder l'acier au cours de l'élaboration a un effet défavorable sur la conductivité thermique. Cependant, il est toujours présent au moins à l'état de traces.
- moins de 2,5% de manganèse, et de préférence, de 0,1% à 1,8%, et mieux, de 0,1 % à 1,6%, pour obtenir une bonne trempabilité sans toutefois engendrer trop



de ségrégations qui réduiraient l'aptitude à obtenir de bons états de surface sur les moules. Cet élément est toujours présent au moins à l'état de traces. En outre, il est préférable que sa teneur soit supérieure à 0,1% afin de piéger le soufre toujours présent à l'état d'impuretés. Si du soufre a été ajouté pour améliorer l'usinabilité, la teneur minimale en manganèse doit être de préférence adaptée en conséquence et être d'au moins 5 fois, et de préférence 7 fois la teneur en soufre.

- Moins de 3 % de nickel, de préférence moins de 2,5% et mieux encore moins de 2%. Cet élément permet d'augmenter la trempabilité mais il est très coûteux. Il peut être présent à l'état de traces. Cependant, dans les applications requérant une forte ténacité et une très bonne homogénéité de dureté, il peut être intéressant de réduire la teneur en manganèse au profit du nickel à raison de deux parts de nickel en substitution d'une part de manganèse. Cette substitution d'une partie du manganèse par du nickel a aussi l'avantage de réduire les ségrégations.

- Moins de 3,5% de chrome, et de préférence de 0,2 % à 3% de chrome, et plus préférentiellement encore, de 0,3% à 1%. Cet élément permet d'augmenter la trempabilité, mais en trop forte quantité, il tend à enrichir les carbures en chrome au détriment d'autres éléments plus favorables tels que le molybdène, le tungstène, le vanadium, le niobium et le tantale. Il peut être présent à l'état de traces.

- Du molybdène et/ou du tungstène en des teneurs telles que la somme  $Mo^* = Mo + W/2$  soit inférieure à 2,8%, et de préférence inférieure à 2,5%, il est également préférable qu'elle soit supérieure à 0,3%. Ces éléments sont fortement trempant, en outre, ils réduisent sensiblement l'adoucissement au revenu, ce qui est souhaitable notamment lorsque les empreintes des moules sont soumises à des traitements de surface telles que la nitruration à des températures d'au moins 500°C. Cependant, en trop grande quantité, ils détériorent l'aptitude à l'usinage.

- Eventuellement au moins un élément pris parmi le vanadium, le niobium et le tantale en des teneurs telles que la somme  $V^* = V + Nb/2 + Ta/4$  soit inférieure à 0,5%, et mieux, inférieure à 0,3%. Ces éléments permettent d'augmenter la résistance à l'adoucissement au revenu, notamment lorsque le revenu est effectué au-dessus de 550°C. Ils permettent également d'augmenter la tenue à

l'usure des empreintes des moules. Mais en trop forte quantité, ils détériorent l'usinabilité et la soudabilité.

- Eventuellement de 0,0005 % à 0,015 % de bore. Cet élément augmente sensiblement la trempabilité sans nuire à la conductivité thermique. De plus, son effet disparaissant aux températures d'austénitisation élevées rencontrées en soudage, il est favorable à une bonne aptitude à la réparation par soudure. En dessous de 0,0005%, qui est pratiquement la limite de détection par les moyens d'analyse, il n'a pas d'effet significatif. Au-dessus de 0,015% il engendre une fragilisation de l'acier sans augmenter la trempabilité.

Eventuellement jusqu'à 0,4% d'aluminium et éventuellement un ou plusieurs éléments pris parmi le titane et le zirconium, la somme  $Ti + Zr/2$  pouvant aller jusqu'à 0,1%. Ces éléments sont des désoxydants forts. De plus ils fixent l'azote toujours présent au moins à titre d'impureté en des teneurs généralement inférieures à 0,0250% mais pouvant aller au delà, cependant, lorsque l'acier contient du bore la teneur en azote doit rester inférieure à 0,0250%. La présence d'au moins un élément pris parmi Al, Ti et Zr est souhaitable pour que le bore ait sa pleine efficacité.

Pour l'aluminium, le titane et le zirconium, pris seuls ou en combinaison de deux ou trois éléments, protègent le bore contre l'azote et lui confèrent ainsi sa pleine efficacité, les teneurs en bore, aluminium, titane, zirconium et azote, exprimées en millièmes de % en poids, doivent, de préférence, être telles que :

$$B \geq \frac{1}{3} \times K1 + 0,5$$

avec  $K1 = \text{Min}(I^* ; J^*)$

$$I^* = \text{Max}(0 ; I) \quad \text{et} \quad J^* = \text{Max}(0 ; J)$$

$$I = \text{Min}(N ; N - 0,29(Ti + Zr/2 - 5))$$

$$J = \text{Min}\left(N ; 0,5\left(N - 0,52 Al + \sqrt{(N - 0,52 Al)^2 + 283}\right)\right).$$

- Eventuellement jusqu'à 1,5% de cuivre. Cet élément peut exister à l'état de traces ou d'impureté, mais en des teneurs plus importantes, il a un effet durcissant. Cependant au-delà de 1,5%, il détériore excessivement l'aptitude à la déformation plastique à chaud de l'acier.
- Eventuellement un ou plusieurs éléments pris parmi le soufre, le sélénium et le tellure en faible quantité, la somme des teneurs en ces éléments devant rester inférieure à 0,2%. Cependant, lorsque l'acier est destiné à la fabrication de

moules dont la surface est polie et grainée chimiquement, la somme des teneurs en ces éléments doit rester inférieure à 0,025%, ou mieux, inférieure à 0,005%.

- Eventuellement un ou plusieurs éléments pris parmi le plomb et le bismuth, la somme des teneurs en ces éléments étant inférieure à 0,2%. Cependant, lorsque l'acier est destiné à la fabrication de moules dont la surface est polie et grainée chimiquement, il est préférable que l'acier ne contienne pas de tels éléments.
- Eventuellement du calcium en une teneur inférieure à 0,1%. Cependant, lorsque l'acier est destiné à la fabrication de moules dont la surface est polie et grainée chimiquement, il est préférable que l'acier ne contienne pas cet élément car son action positive sur l'usinabilité se réalise en conjonction avec le soufre dont l'addition est préférentiellement limitée quand l'acier doit être poli ou grainé.
- le reste de la composition est constitué de fer et d'impuretés résultant de l'élaboration. Il convient de noter que, pour tous les éléments d'addition dont la teneur minimale n'est pas imposée, lorsque ces éléments ne sont pas ajoutés, ils peuvent toujours se trouver au moins sous forme de résiduels ou d'impuretés, en des teneurs très faibles.

A l'intérieur des limites qui viennent d'être définies, la composition de l'acier doit être choisie afin obtenir les caractéristiques d'usage souhaitées. Pour cela, la composition doit être telle que :

- la grandeur  $Tr = 1,8xC + 1,1xMn + 0,7xNi + 0,6xCr + 1,6xMo^* + K$ , avec  $K = 0$  si l'acier ne contient pas de bore, et  $K = 0,5$  si l'acier contient du bore, c'est à dire lorsqu'on a ajouté du bore en une teneur supérieure ou égale à 0,0005%, soit supérieure à 3,2 et mieux supérieure à 4,5 pour obtenir une trempabilité suffisante. En particulier,  $Tr$  doit être supérieur à 4,5 pour permettre d'obtenir une structure martensito-bainitique sans trace de structure perlitique sur des pièces dont l'épaisseur peut dépasser 1000 mm et atteindre 1500mm.
- La grandeur  $Dr = 54xC^{0,25} + 24,5x(Mo^* + 3xV^*)^{0,30} + 1,58xMn + 0,74xNi + 1,8xSi + 12,5x(Cr)^{0,20}$  doit être comprise entre 85 et 95 afin d'obtenir un durcissement par les carbures suffisant sans toutefois trop détériorer l'usinabilité.
- La grandeur  $U = 1600xC + 100x(0,25xCr + Mo^* + 4,5xV^*)$  qui est un indicateur de l'usinabilité (plus il est faible, plus l'usinabilité est bonne), doit être tel que le ratio rendant compte de la difficulté d'usinage rapportée au durcissement,  $U/Dr$ , reste inférieur à 10,0 et de préférence à 9,0.

- La grandeur  $R = 3,8xC + 10xSi + 3,3xMn + 2,4xNi + 1,4x(Cr + Mo^*)$  qui varie comme la résistivité thermique, c'est à dire l'inverse de la conductivité thermique, doit, de préférence, rester inférieure ou égal à  $2,7xTr$ . Mieux, le ratio  $R/(2,7xTr)$  doit être inférieur ou égal à 0,90 et, mieux encore à 0,80. Cependant, compte

- Compte tenu de toutes les contraintes, la somme  $Mo^* + 3xV^*$  doit être supérieure à 0,4% ; lorsque la composition de l'acier correspond à l'analyse préférentielle :

$$0,230 \% \leq C \leq 0,350 \%$$

$$Si \leq 0,30 \%$$

$$0,1 \% < Mn \leq 1,8 \%$$

$$Ni \leq 2,5 \%$$

$$0,2 \% \leq Cr \leq 3 \%$$

$$Mo + W/2 \leq 2,5 \%$$

$$V + Nb/2 + Ta/4 \leq 0,3\%$$

$Mo^* + 3xV^*$  doit être supérieur à 0,8% ; lorsque l'acier correspond à l'analyse plus préférentielle :

$$0,240 \% \leq C \leq 0,320 \%$$

$$Si \leq 0,15 \%$$

$$0,1 \% \leq Mn \leq 1,6 \%$$

$$Ni \leq 2 \%$$

$$0,2 \% \leq Cr \leq 2,5 \%$$

$$0,3 \% \leq Mo + W/2 \leq 2,5 \%$$

$$V + Nb/2 + Ta/4 \leq 0,3 \%$$

$Mo^* + 3xV^*$  doit être supérieur à 1,2%.

Pour fabriquer un moule avec cet acier, on élabore l'acier, on le coule et on le lamine ou on le forge à chaud de façon connue et on le découpe pour obtenir des blocs de dont l'épaisseur est supérieure à 20 mm et peut dépasser 100mm et atteindre 400mm, voire 600mm, et même 1500 mm. A noter que, pour les épaisseurs les moins importantes, les blocs peuvent être des tôles ou des larges plats, et que pour les plus fortes épaisseurs, ce sont, en général, des blocs forgés.

Les blocs sont austénitisés, éventuellement dans la chaude de forgeage ou de laminage, à une température supérieure à  $AC_3$  et de préférence inférieure à  $950^{\circ}C$ , notamment lorsque l'acier contient du bore, puis ils sont trempés à l'air, l'huile ou l'eau selon l'épaisseur et la trempabilité de l'acier, de façon à obtenir une structure martensitique ou martensito-bainitique dans toute la masse. Enfin, ils sont revenus à une température supérieure à  $500^{\circ}C$  et, de préférence, au moins égale à  $550^{\circ}C$ , mais inférieure à  $AC_1$ . On obtient ainsi une dureté comprise entre 430HB et 530HB environ.

Dans de tels blocs, on usine de façon connue des pièces de moules comportant des empreintes qui sont polies et éventuellement grainées. Eventuellement, ces pièces sont durcies en surface, par exemple par nitruration gazeuse. Après nitruration gazeuse, hormis l'extrême surface des pièces qui est nitrurée, la dureté de l'acier reste comprise entre 430HB et 530HB environ.

A titre d'exemple et de comparaison, on considère les analyses rapportées au tableau 1, dont certaines caractéristiques sont reportées au tableau 2.

Les exemples 1 à 16 sont conformes à l'invention et les exemples 17 à 21 sont donnés à titre de comparaison. Ces derniers ne contiennent pas d'additions de sélénium, tellure, plomb, bismuth ou antimoine, mais peuvent cependant contenir un peu de soufre, entre 0,010% et 0,020%.

Pour tous ces aciers, on a également déterminé la dureté HB à l'état trempé revenu, c'est à dire pour une structure martensitique ou martensito-bainitique revenue à  $550^{\circ}C$ , ainsi que la dureté HVZAT en zone affectée par la chaleur au voisinage d'une soudure qu'on a comparé à la dureté HVbase du métal de base non affecté par la chaleur. Ces résultats sont reportés également au tableau 1.

Au vu de ces deux tableaux, on peut constater, qu'à dureté comparable (HB) et coefficient de dureté  $Dr$  comparable, les aciers selon l'invention ont une usinabilité meilleure (ratio  $U/Dr$  plus faible) que les aciers donnés à titre de comparaison. En outre, ils ont une aptitude à la réparation par soudure meilleure et surtout une réponse homogène au polissage après réparation bien meilleure que celle des aciers donnés à titre de comparaison, puisque la dureté en ZAT est plus faible et surtout que le rapport HVZAT/HVbase est plus faible. Pour les aciers selon l'invention, le rapport HVZAT/HVbase ne dépasse pas en effet 1,20 lorsque le carbone est inférieur ou égal à 0,35%.

Tableau 1

	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	W	V	Nb	Cu	B*	Al*	Ti*	N*
1	0,25	0,15	1,3	0	2,1	1	0	0,3	0	0,2		25		6
2	0,24	0,13	1,2	0,3	2,5	1	0,9	0,26	0,1	0,2		4		8
3	0,2	0,1	1,3	1	2	1,1	0,8	0,3	0	0,2		19		4
4	0,25	0,15	1	0,2	2	2,1	0	0,3	0	0,3		35		5
5	0,28	0,15	1	0,2	3,3	1,8	1,5	0,3	0	0,2		22		5
6	0,29	0,04	1,2	1,2	2,1	1	0	0,16	0,28	0,02		27	12	6
7	0,26	0,11	1,25	0,9	1,3	1,75	0	0,25	0	0,6		25		5
8	0,3	0,05	0,2	2,3	1,4	1,6	0	0,3	0	0,8		18		7
9	0,35	0,15	0,7	1	1,3	1,5	0	0,28	0	0,3	2	65		5
10	0,35	0,15	1,4	1,5	1,5	1,5	0	0,28	0	0,2	2	14	22	6
11	0,28	0,12	0,7	1,2	2,2	1,6	0	0,2		0,3		18		3
12	0,31	0,12	0,2	1,2	2,2	1,6	0	0,2	0	0,1	3	32	18	5
13	0,22	0,05	1,3	1,1	2	2	0	0,14	0	0,5		24		5
14	0,38	0,13	1,3	0,2	2,9	1,5	0	0,1	0	0,2		21		9
15	0,39	0,05	1,3	1,8	2	1,55	0	0,09		0,2		27		2
16	0,39	0,03	1,3	1,5	3,2	0,8	0	0,1		0,3		25		3
17	0,39	0,3	0,63	0,1	1,5	0,45	0	0,42	0	0,1		18		4
18	0,38	1	0,4	0,2	5	1,25	0	0,34	0	0,1		22		5
19	0,36	0,35	0,5	0,2	3,8	0,8		0,35		0,5		5		5
20	0,34	0,25	0,8	0,2	0,5	0,5	0	0,6	0	0,3		12		7
21	0,39	0,15	0,57	0,1	3,2	0,7	0	0,24	0	0,2		15		5

\* le bore et l'aluminium sont exprimés en millièmes de %.

Tableau 2

	Tr	Dr	U	R	R/2,7Tr	U/Dr	HB	HVZAT	HVZAT/HVbase
1	4,74	84,7	688	11,1	0,87	8,12	440	542	1,12
2	5,78	86,9	731	12,4	0,8	8,41	460	540	1,07
3	6,09	85,3	655	13,4	0,81	7,68	443	500	1,03
4	6,25	88,6	795	12	0,71	8,97	472	539	1,04
5	7,8	92,7	921	14,5	0,69	9,93	515	588	1,04
6	5,54	86,7	752	12,7	0,85	8,67	460	586	1,16
7	6,05	86,8	736	12,6	0,77	8,48	455	544	1,09
8	5,77	87,7	810	12	0,77	9,24	472	582	1,12
9	5,78	88,4	869	11,5	0,73	9,82	477	626	1,19
10	7,02	90,3	874	15,3	0,8	9,67	493	641	1,18
11	5,99	87,2	753	12,8	0,79	8,64	462	574	1,13
12	6	87,4	801	11,2	0,69	9,17	462	597	1,18
13	7	86,2	665	13,9	0,73	7,71	452	518	1,04
14	6,39	89,5	876	13,7	0,79	9,78	485	679	1,27
15	7,07	89,8	870	15,6	0,82	9,68	493	685	1,26
16	6,38	86,9	829	15,3	0,89	9,54	455	701	1,4
17	3,09	86,6	896	9,53	1,14	10,3	460	663	1,31
18	6,26	93,6	1011	22	1,3	10,8	530	727	1,25
19	4,9	89,2	909	13,4	1,02	10,2	482	672	1,27
20	2,73	85,4	877	8,31	1,13	10,3	442	601	1,24
21	4,44	87,4	882	13,6	1,13	10,1	465	694	1,36

Ces aciers sont aptes à la fabrication de pièces de moules d'injection de matières plastiques. Mais ils sont aptes également à la fabrication de pièces d'outillage pour le travail des métaux.

## REVENDECATIONS

1 – Acier dont la composition chimique comprend, en % en poids :

5

$$0,180\% \leq C \leq 0,400\%$$

$$Si \leq 0,8\%$$

$$Mn \leq 2,5\%$$

$$Ni \leq 3\%$$

$$Cr \leq 3,5\%$$

10

$$Mo+W/2 \leq 2,8\%$$

$$V + Nb/2 + Ta/4 \leq 0,5\%$$

$$Al \leq 0,4\%$$

$$Ti + Zr/2 \leq 0,1\%$$

$$Cu \leq 1,5\%$$

15

- éventuellement du bore en une teneur comprise entre 0,0005% et 0,015%,
- éventuellement un ou plusieurs éléments pris parmi le soufre, le sélénium et le tellure, la somme des teneurs en ces éléments étant inférieure ou égale à 0,005%,
- éventuellement un ou plusieurs éléments pris parmi le plomb, l'antimoine, l'arsenic, la bismuth, la cadmium, la cobalt, la manganèse, la nickel, la silicium, la vanadium, la zirconium, la niobium, le tantale, le molybdène, le tungstène, le cuivre, le chrome, le manganèse, le fer, le carbone, l'azote, l'oxygène, l'hydrogène, le phosphore, le soufre, le sélénium, le tellure, la somme des teneurs en ces éléments étant inférieure ou égale à 0,2%.

20

- éventuellement du calcium en une teneur inférieure ou égale à 0,1%,
- le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration, la composition chimique satisfaisant en outre les relations suivantes :

$$3,2 \leq Tr \leq 9$$

$$85 < Dr \leq 95$$

25

$$U/Dr \leq 10,0$$

$$Mo^* + 3xV^* \geq 0,4\%$$

dans lesquelles, pour des teneurs exprimées en%, :

$$Tr = 1,8xC + 1,1xMn + 0,7xNi + 0,6xCr + 1,6xMo^* + K$$

avec  $K = 0$  si l'acier ne contient pas de bore et  $K = 0,5$  si l'acier contient du bore

30

$$Dr = 54xC^{0,25} + 24,5x(Mo^* + 3xV^*)^{0,30} + 1,58xMn + 0,74xNi + 1,8xSi + 12,5x(Cr)^{0,20}$$

$$U = 1600xC + 100x(0,25xCr + Mo^* + 4,5xV^*)$$

$$R = 3,8xC + 10xSi + 3,3xMn + 2,4xNi + 1,4x(Cr + Mo^*)$$

$$Mo^* = Mo + W/2$$

$$V^* = V + Nb/2 + Ta/4$$



2 – Acier selon la revendication 1 dont la composition chimique est telle que :

$$R > 11$$

5 3 – Acier selon la revendication 1 ou la revendication 2 caractérisé en ce que :

$$R \leq 2,7 \times Tr$$

4 – Acier selon l'une quelconque des revendications 1 à 3 caractérisé en ce que les teneurs en bore, aluminium, titane, zirconium et azote, exprimées en  
10 millièmes de % en poids, sont telles que :

$$B \geq \frac{1}{3} \times K1 + 0,5$$

avec  $K1 = \text{Min}(I^* ; J^*)$

$$I^* = \text{Max}(0 ; I) \quad \text{et} \quad J^* = \text{Max}(0 ; J)$$

$$I = \text{Min}(N ; N - 0,29(Ti + Zr/2 - 5))$$

$$15 \quad J = \text{Min}\left(N ; 0,5\left(N - 0,52 \text{ Al} + \sqrt{(N - 0,52 \text{ Al})^2 + 283}\right)\right).$$

5 – Acier selon l'une quelconque des revendications 1 à 4 caractérisé en ce que la teneur en silicium est strictement inférieure à 0,35% en poids et la teneur en carbone inférieure ou égale à 0,35% en poids.

20 6 – Acier selon l'une quelconque des revendications 1 à 5 caractérisé en ce que  $R / (2,7 \times Tr) \leq 0,90$ .

7 – Acier selon la revendication 6 caractérisé en ce que  $R / (2,7 \times Tr) \leq 0,80$

25 8 – Acier selon l'une quelconque des revendications 1 à 7 caractérisé en ce que  $U/Dr < 9,0$ .

9 – Acier selon la revendication 8 caractérisé en ce que sa composition est telle que :

$$30 \quad 0,230 \% \leq C \leq 0,350 \%$$

$$Si \leq 0,30 \%$$

$$0,1\% \leq Mn \leq 1,8 \%$$

$$\text{Ni} \leq 2,5 \%$$

$$0,2 \% \leq \text{Cr} \leq 3,0 \%$$

$$\text{Mo} + \text{W}/2 \leq 2,5 \%$$

$$\text{V} + \text{Nb}/2 + \text{Ta}/4 \leq 0,3 \%$$

$$\text{Mo}^* + 3\text{xV}^* \geq 0,8\%$$

10 – Acier selon la revendication 9 caractérisé en ce que sa composition est telle que :

$$0,240 \% \leq \text{C} \leq 0,320 \%$$

$$\text{Si} \leq 0,15 \%$$

$$0,1 \% \leq \text{Mn} \leq 1,6 \%$$

$$\text{Ni} \leq 2,0 \%$$

$$0,2 \% \leq \text{Cr} \leq 2,5 \%$$

$$0,3 \% \leq \text{Mo} + \text{W}/2 \leq 2,5 \%$$

$$\text{V} + \text{Nb}/2 + \text{Ta}/4 \leq 0,3 \%$$

$$\text{Mo}^* + 3\text{xV}^* \geq 1,2\%$$

11 – Acier selon la revendication 8 ou 9 caractérisé en ce que  $\text{Tr} > 4,5$ .

12 – Bloc en acier selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, destiné à la fabrication de moules pour l'injection de matière plastique ou pour le moulage de métaux ou pour la fabrication de pièces pour le travail des métaux, d'épaisseur supérieure à 20 mm, dont la structure est entièrement martensitique ou martensito-bainitique, et dont la dureté en tous points est comprise entre 430 HB et 530 HB.

13 – Pièce de moule en acier usinée dans un bloc conforme à la revendications 12, dont au moins une partie de la surface est durcie par nitruration et dont la dureté en tout point est comprise entre 430HB et 530HB.



DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

**BREVET D'INVENTION****CERTIFICAT D'UTILITÉ**

Code de la propriété Intellectuelle - Livre VI

  
N° 11235\*02

 DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1. / 1. .  
 (Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 W / 260899

Vos références pour ce dossier (facultatif)		CLI 2001/004 bis	
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL		020 WMS	
<b>TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)</b> ACIER POUR LA FABRICATION DE MOULES D'INJECTION DE MATIERE PLASTIQUE OU POUR LA FABRICATION DE PIECES POUR LE TRAVAIL DES METAUX			
<b>LE(S) DEMANDEUR(S) :</b> USINOR Société Anonyme Immeuble "La Pacific" La Défense 7 11/13, Cours Valmy 92800 PUTEAUX (France)			
<b>DECLARATION DE L'INVENTEUR(S) :</b> (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).			
		BEGUINOT	
		Jean	
Adresse	Rue	12, Rue des Pyrénées	
	Code postal et ville	71200	LE CREUSOT (France)
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom			
Prénoms			
Adresse	Rue		
	Code postal et ville		
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom			
Prénoms			
Adresse	Rue		
	Code postal et ville		
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom			
Prénoms			
Adresse	Rue		
	Code postal et ville		
Société d'appartenance (facultatif)			
<b>DATE ET SIGNATURE(S)</b> <b>DU (DES) DEMANDEUR(S)</b> <b>OU DU MANDATAIRE</b> (Nom et qualité du signataire)  2/04/2002 Jacques LAGRANGE 			